

University of Groningen

## Allerkleinste motor komt uit Groningen. Toepassingen nanomachine nog ver weg

Fransen, René

*Published in:*  
Default journal

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*  
1999

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Fransen, R. (1999). Allerkleinste motor komt uit Groningen. Toepassingen nanomachine nog ver weg. Default journal.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Toepassingen nanomachine nog ver weg

# Allerkleinste motor komt uit Groningen

Er waren al moleculaire draaihekjes, shuttels en schakelaars. En nu dan de nanomachine. Japanse en Nederlandse onderzoekers presenteerden in september in *Nature* hun vinding: een moleculaire motor, die essentieel is voor het op moleculaire schaal bouwen van machines. Toepassingen zijn echter nog ver weg.

- René Fransen -

## INNOVATIEF

**E**en motor moet draaien in een voorspelbare richting en aan en uit te zetten zijn. Dat zijn minimale eisen waaraan ook een moleculaire motor moet voldoen, vindt hooglearaar organische chemie prof.dr. Ben Feringa. De onderzoeker van de Rijksuniversiteit Groningen heeft zo'n motor in zijn lab. Het is een organisch molecuul (een alkeen) van 28 koolstofatomen, bestaande uit twee identieke helften verbonden via een dubbele koolstofkoolstofverbinding.

Eén helft van het molecuul kan, onder invloed van ultraviolet licht, een volledige rotatie maken. De rotatie vindt plaats in vier stappen (zie tekeningen). Voor twee stappen is ultraviolet licht nodig, voor de andere twee moet de temperatuur respectievelijk boven de 20 of 60  C liggen. 'De beweging is daardoor nog wat schokkerig', geeft Feringa toe. Voor *Nature* hebben de chemici het molecuul

driemaal gecontroleerd laten ronddraaien, waarbij ze steeds de tussenstappen hebben vastgelegd. Wanneer de motor bij een temperatuur boven de 60  C wordt belicht, zal het molecuul continu ronddraaien, aldus Feringa.

De Groningse organisch chemici drs. Richard van Delden en drs. Rob Zijlstra, in de groep van professor Feringa, werken al enkele jaren aan moleculaire schakelaars samen met een Japanse groep onder leiding van prof. N. Harada. Dit zijn moleculen die in twee standen kunnen worden gezet, zodat ze informatie kunnen opslaan (vergelijkbaar met de bits van een computer). Bij hun zoektocht naar zo'n schakelaar vonden ze een chiraal molecuul, waarvan de twee helften in vier standen ten opzichte van elkaar konden worden gezet. Met behulp van circulair dichroïsme spectroscopie, een specialiteit van de groep van Harada, kon de verandering in chiraliteit binnen het molecuul worden gevolgd, wat het bewijs opleverde dat het molecuul na die

**Prof.dr. Ben Feringa: 'Een molecuul dat een volledige draaibeweging kan uitvoeren, is nog nooit vertoond.'**

vier stappen een volledige rotatie had doorlopen.

## Draaibeweging

De vondst was dus min of meer toevallig: de Groningers waren niet op zoek naar een motor. 'Maar we hadden er natuurlijk wel eens over nagedacht.' Ideeën over een directe toepassing heeft Feringa niet. Het gaat de Groninger dan ook vooral om het principe. Een molecuul dat een volledige draaibeweging kan uitvoeren, dat is, voor zover Feringa weet, nog nooit vertoond. Ter illustratie: in hetzelfde nummer van *Nature* presenteert een Amerikaanse groep onder aanvoering van Ross Kelly een molecuul waarbij een deel een rotatie van 120 graden kan maken. Een soort 'schoepenrad' met drie bladen wordt hierbij tegengehouden door een moleculaire rem. Door



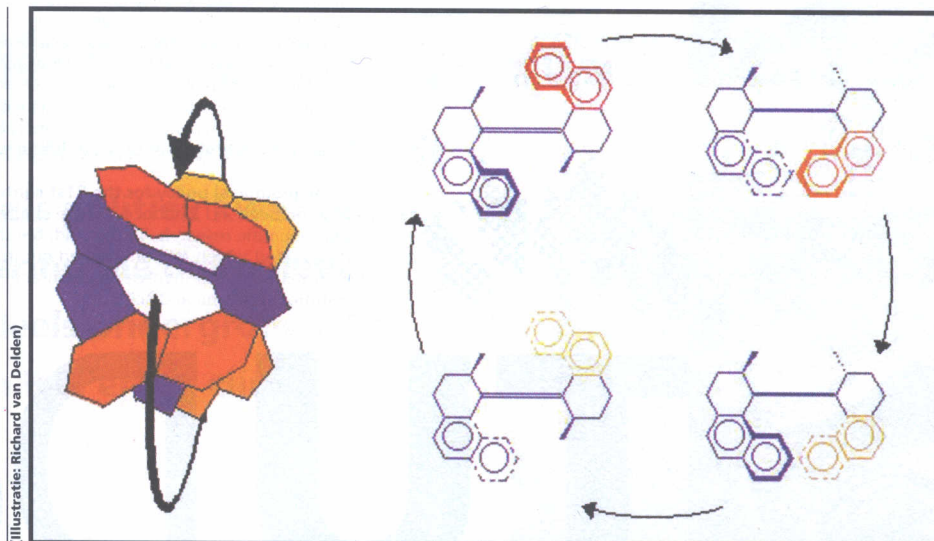
(Foto: Harry Cock)



een covalente binding tussen een blad van het rad en de rem wordt het rad verplaatst. Na het verbreken van de covalente binding is de beweging voltooid. Dit systeem kan echter niet volledig ronddraaien. Bovendien wordt het aangedreven door chemische energie, waardoor het minder goed toepasbaar lijkt als motor. Aan- en uitschakelen verloopt immers minder soepel. Wel kan het als modelsysteem een beter begrip opleveren van biologische systemen, zoals de aandrijving van flagellen of cilia in bacteriën. In een persbericht stellen de Amerikanen met hun model een 'doorbraak' te hebben bereikt. Feringa: 'Een mooi resultaat, maar wij zijn uiteraard blij dat wij een volledige, 360 graden rotatie kunnen bewerkstelligen.' Ondertussen wordt in Groningen druk gesleuteld aan de motor. 'We willen proberen er een soort krukas aan te maken, zodat de draai- beweging overgebracht kan worden.' Ook wil zijn groep een variant van het molecuul maken die bij kamertemperatuur draait. 'Wanneer we het met zichtbaar licht kunnen laten werken, zou het een manier zijn om zonlicht om te zetten in beweging.' Deze toepassingen liggen nog ver weg, benadrukt Feringa. 'Het ging ons erom aan te tonen dat het mogelijk is een moleculaire motor te maken. En dat hebben we nu gedaan.'

### Nanomachientje

Voordat de motor in een echt nanomachientje kan worden gebouwd, zullen nog veel problemen moeten worden opgelost. Directe manipulatie van moleculaire onderdelen is niet goed mogelijk. Om een krukas aan de motor te verbinden zal niet eenvoudig zijn. De groep van Kelly sleutelde vier jaar aan het molecuul dat leidde tot hun *Nature*-publicatie. Feringa en collega's werkten een jaar aan de motor, vanaf het moment dat ze ontdekten waar het molecuul toe in staat kon zijn. De hele nanotechnologie staat dan ook nog maar in de kinderschoenen. Maar de potentie is groot: een geneesmiddelenfabriek die op de punt van een speld past, superkleine schakelunits of slimme minicontainers voor *drug-targeting*. Wie de techniek eenmaal in de vingers heeft kan ook direct 'grootschalig' produceren: een commentator in *Nature* schat dat beide groepen ongeveer  $10^{19}$  units van hun uiteindelijke molecuul hebben geproduceerd. Een mol 'nanomotors' bevat  $6 \times 10^{23}$  motortjes.



(Illustratie: Richard van Deilden)

Onder invloed van ultraviolet licht (golflengte  $>280$  nm) gaat het molecuul (volledige naam: (3R,39R)-(P,P)-trans-1,19,2,29,3,39,4,49-octahydro-3,39-dimethyl-4,49-bifenantrylideen) over van een *trans*- naar een *cis*-vorm door een draai van 180 graden rond de dubbele C-C binding. De nu verkregen vorm, waarbij beide helften een linksdraaiende helix-structuur hebben, is energetisch ongunstig. Boven de  $20^\circ\text{C}$  draaien beide helften door naar een gunstiger rechtsdraaiende structuur. Deze stap is niet-reversibel, waardoor de rotatie maar een kant op kan. Een volgende belichting met ultraviolet licht (golflengte  $>280\text{nm}$ ) zorgt voor een nieuwe draai rond de dubbele C-C binding, waardoor weer een *trans*-vorm ontstaat. De helften hebben nu een linksdraaiende helixstructuur, die bij verhitting boven  $60^\circ\text{C}$  een rechtsdraaiende vorm aannemen. Op dat moment is de uitgangssituatie bereikt en heeft een van de helften een volledige rotatie gemaakt.

Maar daarmee is ook direct het volgende probleem van de nanotechnologie aangestipt, denkt de Twentse hoogleraar supramoleculaire chemie en technologie, prof.dr.ir. David Reinhoudt. Hij is wetenschappelijk directeur van de onderzoeksschool Mesa+, en was voorzitter van de werkgroep nanotechnologie van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek, die vorig jaar een overzicht van het vakgebied afleverde met het boek *Nanotechnology, towards a molecular construction kit*. 'De eerste stap is om onderdelen voor de bouwdoos te ontwerpen en daar is dit een heel mooi voorbeeld van', aldus Reinhoudt, 'maar vervolgens moeten we van een grote hoeveelheid moleculen in oplossing naar individuele moleculen die op een vaste plaats zitten.' Dat kan bijvoorbeeld via zelfassemblage van moleculen in monolagen. Het is onder meer een thema waar Mesa+ zich mee bezighoudt. Het combineren van verschillende onderdelen uit de bouwdoos is de derde stap in het schema van Reinhoudt. 'Ten slotte moet er een manier worden gevonden om te communiceren met die nanowereld.' Want ook moleculaire

machines moeten worden gestuurd.

'Het belang van deze *Nature*-publicatie is dat ze erin geslaagd zijn de beweging richting te geven', stelt Reinhoudt. 'Er zijn al voldoende moleculen bekend die at random draaien.' Maar, meent de hoogleraar, ook dit molecuul moet op een gecontroleerde manier aan een ondergrond worden gekoppeld. 'Pas dan weet je welke helft welke kant op gaat draaien.'

Nederland telt drie centra die internationaal meetellen op het gebied van de nanotechnologie: de onderzoeksschool Dimes uit Delft, BioMade van de Rijksuniversiteit Groningen en zijn eigen onderzoeksschool Mesa+. Allemaal hebben ze een eigen specialiteit: Dimes in nanobuisjes, vooral voor geleiding van elektriciteit, BioMade met organische moleculen in oplossing en voor Mesa+ de combinatie van bottom-up synthese via zelfassemblage met de top-down microsysteemtechnologie (nanolink). Reinhoudt: 'Ik hoop dat er in de toekomst meer samenwerking tussen die drie zal ontstaan. Een multidisciplinaire aanpak is nodig. Nederland is een van de weinige ontwikkelde landen zonder nationaal programma voor nanotechnologie.'